



TITLE:

# Development of particleboard made from sweet sorghum bagasse and citric acid( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Sukma, Surya Kusumah

---

CITATION:

Sukma, Surya Kusumah. Development of particleboard made from sweet sorghum bagasse and citric acid. 京都大学, 2017, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2017-11-24

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k20766>

RIGHT:

( 続紙 1 )

京都大学	博士（農学）	氏名	Sukma Surya Kusumah
論文題目	Development of particleboard made from sweet sorghum bagasse and citric acid （スイートソルガムバガスとクエン酸を用いたパーティクルボードの開発）		
（論文内容の要旨）			
<p>化石資源への依存を低減する取り組みが世界的に行われており、木材を原料とするボード類の開発が積極的に進められてきた。木質資源は適正に管理すれば再生産可能であるが、最近の利用量の増加によって世界的規模では森林資源の減少が危惧されつつある。一方、インドネシアではスイートソルガムを栽培してバイオ燃料生産を進め、その際に搾りかす（バガス）が大量に発生している。そこで、木材の代わりにスイートソルガムバガスを原料に用いたボード類の製造が可能となれば、森林資源の保全に加えてバガスの有効利用への寄与も期待できる。さらに、ボード作製時に用いる接着剤を原油由来ではない天然系接着剤とすることで化石資源の枯渇対策ともなるので、スイートソルガムバガスの特徴であるヘミセルロース含有率の高さが有効に作用すると推測されるクエン酸接着剤の適用についての詳細な検討が期待されていた。そこで、クエン酸によるスイートソルガムバガスの接着特性に関して、ボード作製時のプレス温度や圧力をはじめとする種々の加工条件が構成物質の分解や結合におよぼす影響を詳細に把握し、それに基づいて適正な加工条件を設定すると J I S 規格を満足するボードが作製できることを示したものである。</p> <p>本論文は4つの章から構成されており、第1章では世界的な森林資源の現状とインドネシア国内でのスイートソルガムの栽培・利用とバガスの現状、および天然系接着剤に関する研究開発状況についてまとめ、第2章ではスイートソルガムバガスを素材とし、天然系接着剤としてクエン酸を用いてパーティクルボードを作製する際に、接着剤噴霧の際の水分がパーティクルボードの諸特性におよぼす影響を明らかにし、第3章では前章の結果を踏まえて適正に含水率を調整した状態でのプレス温度と時間がパーティクルボードの諸特性におよぼす影響を明らかにし、第4章では更なる特性向上を目指してクエン酸のみではなくスクロースを加えてパーティクルボードを作製して機械的強度特性のみではなく耐腐朽性や耐蟻性などの生物劣化特性も明らかにした。研究内容の詳細は以下の通りである。</p> <p>第2章では、スイートソルガムバガスの成分分析によって、ヘミセルロース含有率は一般的な木材に比較して多く約34%で、搾りかす（バガス）であるためグルコース、フルクトースやスクロース等の糖類は合計で約3%しか残存していないことを示した。木材の自己接着能を増大させる効果を有する糖類の含有が少ないので、ヘミセルロースの分解を駆動力とする接着能を発揮させるために天然系接着剤のクエン酸を用いてパーティクルボードを作製した。作製過程でクエン酸水溶液をパーティクルに噴霧するため、加熱・加圧工程で水蒸気が発生するが、これには熱伝導の促進による作製時間短縮効果が有る反面、分子結合を阻害して接着強度の低下も引き起こす。そこで、ボード作製の前処理としてパーティクルの予備乾燥を行うことにより、曲げ強度、曲げ弾性率、剥離強度、寸法安定性が向上することを確認した。クエン酸添加率が0から20%までの領域では、添加率増加とともに性能もほぼ向上する傾向を示すが、これを超えると逆に低下に転じた。</p> <p>第3章では、前章の結果を踏まえてクエン酸添加率を20%とし、予備乾燥を実施したパーティクルを素材として、各種加熱温度、加熱時間でパーティクルボードを熱</p>			

圧成形して、この成形条件とパーティクルボードの各種特性の関係を検討した。その結果、熱圧成形時間を10分に固定した場合には、加熱温度が200℃になるまでは温度上昇とともに曲げ強度、曲げ弾性率、剥離強度、寸法安定性が向上したが、さらに高温になると各種特性は悪化した。次に加熱温度を200℃に固定して熱圧成形時間を変化させると、10分までは時間の増加とともに各種特性が向上したが、さらに長時間になると各種特性が悪化した。なお、200℃、10分の熱圧成形では、木材や竹のパーティクルを用いた場合よりも優れた特性が得られ、JIS規格を十分に満足した。これらの傾向を示す要因として、スイートソルガムバガスの水酸基とクエン酸のカルボキシル基からエステル結合が生成することがFT-IR分析より示唆された。高温かつ長時間の熱圧成形では、スイートソルガムパーティクルの熱分解がクエン酸によって促進されて各種特性が悪化したものと推察された。

第4章では、スイートソルガムパーティクルの接着能を向上させると同時に熱分解も促進させてしまうクエン酸添加率を減少させることで熱分解を抑制し、添加率減少に伴う接着能低下をスクロースで補う手法について検討した。この結果、クエン酸の添加率を減らし、同じ割合のスクロースを加えていくと、曲げ強度や曲げ弾性率、剥離強度、寸法安定性が向上した。この傾向はクエン酸添加率を10%に低下させるまで続き、得られた強度は、クエン酸単独やスクロース単独に比較して向上した。また、パーティクルボードの実使用において重要なホルムアルデヒドの放散は無く、生物劣化に関してはフェノール樹脂を用いたパーティクルボードに比較して褐色腐朽菌で6割、白色腐朽菌で7割程度に重量減少が抑制された。また耐蟻性についてはスクロース添加による悪化が懸念されたが、フェノール樹脂を用いた場合の半分以下の重量減少となった。このような傾向は、DSC、TGおよびFT-IR分析より、接着剤として添加したスクロース、スイートソルガムバガスに含まれるヘミセルロースとクエン酸が加熱されることによって、それぞれの間にエステル結合が形成されるためと推察された。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し  
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

世界的な森林資源の減少が危惧される中、インドネシアにおいて大量に栽培されているスイートソルガムからバイオ燃料用素材を抽出した搾りかす（バガス）を、木材の代替としてパーティクルボード原料に利用する研究であり、環境保全や資源の有効利用の観点から重要な意味を持っている。加えて、原油由来ではない天然系接着剤としてクエン酸を利用することも環境保全や資源枯渇対策として重要である。

このような背景のもと、本論文では基礎的な分析に基づいた実用技術を完成させるための検討を進めた。評価できる点は以下の4点である。

1. スイートソルガムバガスのヘミセルロース含有率は一般的な木材に比較して多く、スクロース等の糖類は僅かしか残存していないのでパーティクルの自己接着能が小さいため、ヘミセルロースの分解を駆動力とする接着能を発揮させるために天然系接着剤のクエン酸を用いてパーティクルボードを作製することに成功した。
2. クエン酸水溶液をパーティクルに噴霧するので、加熱・加圧工程で水蒸気が発生するが、これには熱伝導の促進による作製時間短縮効果が有る反面、分子結合を阻害して接着強度の低下も引き起こす。そこで、ボード作製の前処理としてパーティクルの含水率調整を行うことにより、曲げ強度、曲げ弾性率、剥離強度、寸法安定性が向上することを示した。
3. 熱分析やFT-IR分析により、接着剤とスイートソルガムバガスとの間のエステル結合が接着に貢献していることを示し、その結合に適した熱圧温度と時間とを熱圧成形実験を通じて明らかにして、J I S規格を満足するパーティクルボードの作製を可能にした。
4. クエン酸とスクロースを混合した接着剤を用いると、クエン酸単独の場合に比較して曲げ強度や曲げ弾性率、剥離強度、寸法安定性が向上するとともに、耐腐朽性、耐蟻性も向上することを明らかにした。

以上のように、本論文はスイートソルガムバガスを森林資源の代替として用い、原油資源に依存しないクエン酸を接着剤として活用することで、特性の優れたパーティクルボードの作製を可能としたもので、木質接着学、木質ボード学の発展に寄与するところが多い。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成29年9月19日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）